CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO BRASIL:

A CAPACITAÇÃO BRASILEIRA PARA A PESQUISA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva

Ciência e Tecnologia no Brasil: a Capacitação Brasileira para a Pesquisa Científica e Tecnológica

Volume 3

Simon Schwartzman (coord.)
Antônio Paes de Carvalho
Antonio C. Paiva
Carlos J. P. de Lucena
Eduardo Krieger
Fábio Wanderley Reis
Fernando Galembeck
Geraldo L. Cavagnari Filho
João Lúcio Azevedo
José M. Riveros
Oswaldo Luiz Ramos
Sandoval Carneiro Jr.
Sérgio M. Rezende
Sônia M. C. Dietrich
Umberto G. Cordani
Walzi C. Sampaio da Silva

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS
EDITORA

ISBN 85-225-0206-4

Direitos desta edição reservados à Fundação Getulio Vargas
Praia de Botafogo, 190 — 22253-900
CP 62.591 — CEP 22252-970
Rio de Janeiro, RJ — Brasil

Documentos elaborados para o estudo de ciência política realizado pela Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas, para o Ministério de Ciência e Tecnologia, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II). As opiniões expressas nestes artigos são de exclusiva responsabilidade dos autores.

1ª edição — 1996

Coordenador do projeto: Simon Schwartzman

Edição do texto: Lucia Klein

Copidesque: Maria Isabel Penna Buarque de Almeida

Editoração eletrônica: Denilza da Silva Oliveira, Eliane da Silva Torres, Jayr Ferreira Vaz e Marilza Azevedo Barboza

Revisão: Aleidis de Beltran, Marco Antonio Corrêa e Fatima Caroni

Produção gráfica: Helio Lourenço Netto

Ciência e tecnologia no Brasil: a capacitação brasileira para a pesquisa científica e tecnológica, v. 3 / Simon Schwartzman (coord.). – Rio de Janeiro: Editora Fundação Getulio Vargas, 1996.
420p.

V.1 publicado em inglês sob o título: Science and technology in Brazil: a new policy for a global world.

1. Ciência e tecnologia — Brasil. 2. Ciência e estado — Brasil. 3. Tecnologia e estado — Brasil. I. Schwartzman, Simon, 1939- I. Fundação Getulio Vargas.

CDD – 607.281

Sumário

A capacitação brasileira para a pesquisa

*Eduardo M. Krieger**
*Fernando Galembeck***

1. Introdução

Os estudos reunidos neste livro tratam da capacitação brasileira para as atividades de pesquisa e desenvolvimento em diferentes disciplinas científicas e profissionais: computação; física; química; geociências; engenharias; ciências biológicas, fisiológicas, da saúde e agrárias; biotecnologia; pesquisa militar; inteligência artificial e ciências sociais, que compõem parte significativa do conhecimento científico e tecnológico contemporâneos, com grande impacto sobre a cultura, as atividades econômicas e o desenvolvimento social. Este texto tem por objetivo oferecer uma interpretação global dos resultados desses estudos e apresentar algumas propostas e sugestões para o encaminhamento da área de ciência e tecnologia no Brasil.

O impacto das ciências da matéria sobre as ciências biológicas, da saúde e agrárias é muito grande e tem aumentado nas últimas décadas. Desde a emergência da biologia molecular, que tornou possível a engenharia genética, muitos dos cientistas e tecnólogos das áreas "exatas" passaram a incorporar as implicações biológicas do seu trabalho como um fator que pesa na decisão sobre a escolha e definição de seus projetos. Por sua vez, os progressos nas áreas biológicas criaram desafios, oportunidades e instrumentos para a pesquisa matemática e físico-química, o mesmo ocorrendo, embora em menor escala, entre as ciências da matéria e as ciências humanas.

O desenvolvimento e a produção de muitos setores econômicos dependem das ciências da matéria e das engenharias, como é o caso da indústria extrativa mineral e suas correlatas, de grande parte da indústria de transformação, de bens de capital e de bens de consumo duráveis, das empresas de utilidades (telecomunicações, energia, água e esgotos), dos serviços bancários e da indústria de armamentos e defesa.

As ciências da vida, por outro lado, têm um grande impacto sobre a saúde humana e animal, e sobre a agricultura e a produção de alimentos. O prolongamento e a melhoria de qualidade da vida humana, o combate à fome, a manutenção de ecossistemas ricos e da biodiversidade e uma importante fração das ativi-

---

* Instituto do Coração, São Paulo.
** Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas.

dades econômicas dependem das ciências biológicas, da saúde e agrárias, básicas e aplicadas.

No momento, estão em curso dois processos de transformação de atividades humanas cujo impacto, embora imenso, ainda parece longe de ter-se completado:

• o uso maciço de equipamentos de computação na aquisição, armazenagem, processamento e uso de informação de todos os tipos;

• a mudança nos paradigmas da ciência experimental, nas expectativas de compreensão de fenômenos naturais complexos e também nas expectativas de se obter produtos simples ou sofisticados (como materiais poliméricos, revestimentos e nanoestruturas para optoeletrônica) através de processos industriais caótico-determinísticos.

2. Algumas tendências do setor

No Brasil, a idéia do reducionismo, introduzida a partir do século XVIII, se aliou aos traços escolásticos da nossa cultura e ao desprezo pelas atividades manuais (inclusive as da ciência experimental), para criar um paradigma de ensino e de prática (ou falta de prática) científica e tecnológica. Foi com base nessa perspectiva que se hierarquizou as ciências e que o conhecimento, nas universidades, foi catalogado em ciências *exatas*, biológicas e humanas. O termo *exatas* reflete a ideologia dominante, fundada na crença na possibilidade de se tratar toda a matéria inanimada de uma forma euclidiana.

A tendência à hierarquização somou-se muitas vezes a uma visão excessivamente otimista sobre os sucessos do reducionismo (que foram, certamente, muitos). Frases como "A física do século passado basta para explicar os fenômenos do dia-a-dia; a da primeira metade do século XX basta para explicar os fenômenos do espaço e moleculares" ou "A mecânica quântica resolve os problemas da química e a maior parte dos problemas da física" (amplamente desmentidas pelas décadas posteriores) foram repetidas acriticamente, criando uma atmosfera desfavorável ao engajamento de pesquisadores jovens em muitas áreas de investigação.

O ritmo de crescimento da quantidade de informação gerada tornou-se explosivo em meados deste século, associando-se a uma tendência crescente à especialização. Essa tendência começa a se reverter a partir da década de 70, e mais acentuadamente nos últimos anos, em função dos seguintes fatores:

• *a consciência ecológica*, que despertou em pesquisadores preocupações antes inexistentes, criou oportunidades e problemas de pesquisa e também tornou impopulares muitos assuntos e subáreas inteiras;

• *o fim de uma visão romântica da "ciência pela ciência"*, derivado da percepção dos enormes riscos que o desenvolvimento científico e tecnológico introduziu na vida humana — o desencanto com a energia nuclear, os acidentes na exploração e transporte de petróleo e em complexos industriais químicos, os problemas ambientais e sociais criados por uma agricultura intensiva em tecnologia, e a perversidade de um imenso arsenal espalhado pelos territórios das grandes potências e capaz de destruir toda a vida humana;

• *a crescente interação entre produtores e usuários do conhecimento*, que transformou a pesquisa básica em um elemento fundamental da estratégia de grandes empresas no mundo todo, tornando os cientistas atentos à questão da apropriação dos resultados do seu trabalho e às implicações econômicas, sociais, ambientais e políticas desses mesmos resultados.

Outros fatores de convergência (em oposição à superespecialização) das disciplinas científicas e tecnológicas são:

• o progresso nos estudos de sistemas dinâmicos (ou complexos), a partir de áreas antes estanques como a hidrodinâmica, meteorologia, economia, química, matemática, ecologia, lingüística e ciência da informação, criando uma nova linguagem e novos paradigmas de interpretação de resultados experimentais. Isto aproximou pesquisadores de áreas muito distintas, tornando-os mutuamente interessados nos respectivos trabalhos de investigação. Mais interessante ainda é o uso crescente, em algumas disciplinas, de modelos gerados a partir de resultados experimentais de outras disciplinas;

• o próprio crescimento do conhecimento e de técnicas experimentais que tornaram possíveis novos experimentos e novas descobertas, dos quais resultaram novos conhecimentos e técnicas, e assim por diante. Para exemplificar, descobertas de propriedades de sólidos semicondutores permitiram a criação de uma eletrônica de estado sólido, que foi utilizada na construção de microcomputadores, supercomputadores e estações de trabalho que hoje são utilizados para modelar e calcular propriedades de sólidos, com um grau de detalhe e exatidão até então inconcebível, e que deverá conduzir a novos progressos na ciência dos materiais e dos biomateriais, na física e na química de sólidos, gerando, por sua vez, novos materiais e dispositivos eletrônicos, optoeletrônicos e fotônicos;

• o uso intensivo de recursos computacionais, que criou ferramentas comuns para áreas de trabalho antes estanques.

Hoje, a matemática criou uma seção experimental, as teorias penetraram os laboratórios de síntese química e de fabricação de materiais, e os mesmos tipos de instrumentos analíticos são encontrados em muitos laboratórios de física, química, biologia, geologia e astrofísica. Os congressos temáticos adquirem importância, em detrimento de congressos puramente disciplinares. Congressos inter-

nacionais sobre temas como magnetismo, supercondutores, macromoléculas, ciência de colóides e superfícies, catálise e fármacos reúnem grande número de investigadores e profissionais, colocando físicos, químicos, matemáticos, engenheiros químicos, engenheiros mecânicos e de materiais ao lado de biólogos e pesquisadores de outras disciplinas.

A interface das ciências "exatas" e das engenharias com as ciências biológicas se aprofundou, o que é corroborado pela freqüência com que a motivação de trabalhos fundamentais na química e na física passou a ser biológica, ao mesmo tempo em que o perfil da indústria química dos países desenvolvidos passa por um processo de modificação, adquirindo uma forte componente biotecnológica.

O reconhecimento destas tendências aponta para uma conclusão: é inútil concentrar a educação em especialidades. A educação deve privilegiar as habilidades mais genéricas e de multiuso, sejam manuais, sejam intelectuais. A formação profissional deve ser, antes de tudo, abrangentemente científica.

3. O contexto

A sociedade brasileira, a ciência e a tecnologia

Não existe na sociedade brasileira a consciência de uma necessidade de atividades de ciência e tecnologia, o que justifica a inexistência de atividades importantes em áreas de ciências físicas, químicas, da terra e do espaço, matemáticas e nas várias engenharias, até o primeiro terço deste século. Em contrapartida, as ciências biológicas, agrárias e da saúde registram numerosos casos e instituições importantes, no fim do século passado e no início deste século: Oswaldo Cruz, Rocha Lima, Vital Brazil, Carlos Chagas e os institutos de Manguinhos, Butantã e Biológico.

A partir dos anos 30, a opção pela industrialização se baseou em um modelo importador de tecnologia, enfatizando a formação de recursos humanos adequados à reprodução e utilização do conhecimento, mais do que à participação no processo de sua criação.

O golpe de 1964 e os eventos que se lhe seguiram, particularmente até a anistia, introduziram um novo complicador no processo: uma radicalização que separou setores da comunidade acadêmica, largamente marginalizada pelo "sistema", dos agentes do processo econômico. Com isso, a separação entre o saber e o fazer aprofundou-se. Houve, entretanto, algumas exceções, em que uma convergência de interesses aproximou militares, empresários e pesquisadores/professores universitários, como foi o caso da indústria de informática.

Além disso, o regime militar fomentou o crescimento quantitativo e qualitativo do sistema de ensino superior, em uma escala até então desconhecida no país, estimulando o crescimento da pesquisa acadêmica, que, em algumas áreas, atingiu um padrão de excelência, embora com menos sucessos na área tecnológica.

Resulta a situação atual, da qual algumas componentes importantes são:

- a perenidade de um conflito estéril de interesses entre os defensores da "pesquisa básica" e os da "pesquisa aplicada", ignorando a extrema interdependência entre ambas e a necessidade de atividade vigorosa e simultânea em ambas;

- a ausência de vínculos entre pesquisadores universitários e profissionais de empresas; sociedades científicas e sociedades profissionais são corpos distintos, que não se interpenetram nem interagem, à exceção de alguns casos notáveis;

- a existência de argumentos de rejeição mútua, entre profissionais de empresas e pesquisadores universitários, embora, no Brasil, esses profissionais tenham a mesma origem; esta questão será examinada em maior detalhe a seguir.

A universidade e os seus ex-alunos

O governo brasileiro tem, em seus quadros superiores, muitos egressos das universidades públicas brasileiras. O mesmo se passa com as empresas, particularmente as estatais. Portanto, uma parte importante do estamento com poder de decisão e de execução do país formou-se no sistema universitário público. Caso este poder se julgasse devedor do sistema que participou da sua formação, deveria tratá-lo bem; caso contrário, deveria tratá-lo mal.

É óbvio que o poder público (federal e o da maioria dos estados) trata muito mal as atividades de ciência e tecnologia. O poder econômico também não oferece apoio substancial: no Brasil não se registram legados ou doações importantes às universidades e instituições de pesquisa, com raras exceções.

Os egressos das universidades conheceram nelas muitas coisas negativas: despreparo de docentes, obsolescência de equipamentos, instalações maltratadas, desvinculação da realidade adjacente e remota, grevismo docente, política partidária intramuros, falta de exigências quanto ao desempenho docente e discente, e ineficiência administrativa. Algumas dessas mesmas características tiveram, durante o regime militar, um papel contestador, em alguns casos muito positivo.

Passada a fase de resistência ao regime militar, não ocorreu dentro das universidades um processo de mobilização intelectual e científica associado a um novo projeto nacional. A partir de meados dos anos 80, a universidade se transformou em uma das portas de saída mais utilizadas para a emigração: tornou-se comum a figura do candidato à pós-graduação interessado, acima de tudo, em uma rota para o exterior, preferivelmente sem retorno. Já nos primeiros anos da década de 90 este processo foi modificado, agora por um fator puramente externo: a grande oferta de trabalhadores científicos e técnicos de alto nível, causada pelo desmonte do antigo sistema científico soviético e do sistema de pesquisa militar americano (com reflexos sobre Israel e outros países), aumenta a competição que deve ser enfrentada pelos pesquisadores emigrantes brasileiros.

A visão negativa que os egressos têm da universidade brasileira justifica o desinteresse que o público em geral e os detentores do poder têm pela universidade; justifica, também, que a maior exceção a este quadro seja a do sistema universitário paulista, em que sucessivos governos, de diferentes vertentes partidárias, apoiaram as universidades, de forma quase contínua e substancial, durante os últimos 50 anos.

A ação do poder público e do setor privado

Na história da ciência no país, é possível identificar quatro momentos importantes em que o poder público alavancou as atividades de pesquisa:

- a reação do governo do estado de São Paulo ao governo federal, criando a USP, e seus desdobramentos a partir de 1935;

- a criação do CNPq;

- a criação do Funtec e, mais tarde, da Finep, na esteira do projeto do Brasil-potência, do regime militar no fim dos anos 60 e nos 70;

- a criação do Ministério de Ciência e Tecnologia, o qual, ainda que cercado por intenções mais ambiciosas que as realizações, implementou uma política de formação de recursos humanos de alto nível.

Quanto às empresas brasileiras, em que pese o gigantismo de algumas estatais e o sucesso de muitas delas, tanto estatais quanto privadas, a verdade é que seu envolvimento com a geração de ciência e tecnologia ainda é bastante modesto. Casos exemplares são os da Usiminas, Metal Leve, e de alguns setores da Petrobras e do complexo florestal papeleiro. No que concerne ao desenvolvimento tecnológico em empresas, a atuação e as compras da Petrobras, da Telebrás, dos programas militares de pesquisa e de algumas instituições menores mas estratégicas (como o Laboratório de Luz Síncrotron) requereram o envolvimento de algumas centenas de empresas que, com isso, adquiriram qualificação e desenvolveram produtos e processos, mais tarde incorporados aos seus negócios com outros compradores, do Brasil e do exterior.

Até cerca de 1980, entretanto, as atividades científicas e tecnológicas foram muito mais objeto de atenção de pesquisadores e de uma cúpula governamental do que assunto de interesse geral da população. A partir dessa época, a recessão de 1982/83, a moratória e suas conseqüências, o discurso governamental de 1986-88 (e a sua parcial concretização, através do PADCT, do programa de bolsas para o exterior e do RHAE) e o discurso de modernidade de sucessivos candidatos ao governo criaram uma nova consciência sobre a importância de ciência e tecnologia.

Esta consciência é um querer de ciência e tecnologia, que esbarra na dificuldade de não saber fazer. Grande parte dos ex-alunos das universidades não conhece nem compreende o processo de geração de ciência e tecnologia, ou seja, desconhece tanto o processo de acumulação do conhecimento, quanto o processo de revolução do conhecimento. O caso da tecnologia é o mais espantoso. Expressões como "transferência de tecnologia" fazem parte do nosso cotidiano, como se tecnologias fossem simplesmente transferíveis. O acordo nuclear Brasil-Alemanha, por exemplo, propunha transferir uma tecnologia que ainda não estava provada quando, na realidade, as tecnologias que funcionam são sempre propriedade de alguém, eventualmente disposto a cedê-las como parte de um negócio. Outra idéia corrente é a de que só interessa o "novo" produto da pesquisa, ao passo que não existe clareza quanto à noção de desenvolvimento incremental, ou seja, de pequenos ganhos que se acumulam ano a ano e que permitem ao detentor da tecnologia capaz de melhorá-la continuamente uma posição confortável face à concorrência e às novas tecnologias que surjam. A participação do setor privado em C&T é pequena e representa apenas 8% do total de gastos; o restante é fruto de investimento do setor público, dos quais cerca de 12% pelas estatais.

4. Desempenho comparativo das diferentes áreas

A produção científica (medida em artigos publicados) gerada no Brasil em 1980 correspondeu a 30% da produção da América Latina e 0,34% da produção internacional. Dados de Schott indicam que a participação brasileira na produção mundial de artigos científicos é maior na área da física, decrescendo na seguinte ordem: biologia, matemática, geociências e ciências espaciais, química, biomedicina, tecnologia e medicina clínica. A produção tecnológica medida em patentes é pequena.

Dados de Brisolla (1993) indicam haver 52.863 pesquisadores no país em 1985/86, dos quais 11.492 doutores e 13.329 mestres com uma produção científica de 4.615 artigos internacionais. É a seguinte a distribuição percentual por área:

Área	Pesquisadores (%)	Produção internacional (%)
Ciências exatas e da terra	19	36
Ciências biológicas	17	26
Ciências da saúde	17	19
Ciências humanas	13	6
Ciências agrárias	12	6
Engenharias	10	5
Ciências sociais e aplicadas	7	2
Lingüística, letras e artes	5	0,1

No início da década de 80, a física, a biologia e a matemática haviam alcançado uma situação superior à da química, das geociências e da medicina, no ambiente universitário; por outro lado, o desenvolvimento da pesquisa universitária em engenharia elétrica era significativamente superior ao da pesquisa em engenharia civil, em que pese o desenvolvimento tecnológico e profissional da engenharia civil brasileira, capacitada para o projeto e execução de grandes obras, no país e no exterior.

No caso da física, estas disparidades se devem ao fato de que a física brasileira deslanchou em uma época em que o mundo estava voltado para a física nuclear. Na década de 50, a física do estado sólido cresceu de forma explosiva. Por outro lado, os avanços na química, geociências e outras áreas não tiveram um caráter tão espetacular, o que explica por que muitos talentos brasileiros, após uma graduação em química ou engenharia, optassem por uma carreira em física, no Brasil e no exterior, como foi o caso de Schönberg, Leite Lopes, Mascarenhas, Quadros e Sérgio Porto. No âmbito das agências de financiamento à pesquisa, o maior peso e dinamismo dos físicos lhes assegurou um tratamento privilegiado.

O apoio à química no Brasil deixou muito a desejar. Prova disso é o fato de, no início dos anos 80, a química ter estado vinculada a uma diretoria de tecnologia, e não a uma diretoria científica, dentro da Finep. Em conseqüência, enquanto os departamentos mais importantes de física no Brasil recebiam apoios substanciais de cerca de US$1 milhão, a cada dois anos, a química era obrigada a pleitear recursos através de projetos de pesquisa aplicada que atendessem às diretrizes emanadas do corpo técnico da Finep.

Essa situação se inverteu com o PADCT: ao definir geociências e tecnologia mineral, biotecnologia química e instrumentação como áreas "verticais", o PADCT estimulou um desenvolvimento sem precedentes daquelas áreas, que prossegue até hoje.

5. Propostas e sugestões

A qualidade dos recursos humanos

Considerando as dimensões da população brasileira, os gastos com ensino superior e pós-graduação deveriam ser até maiores. A percentagem do PIB despendido em educação é menor do que nos países industrializados, mas a presença do setor público é relativamente maior, com uma baixa participação do setor privado. O rendimento seria bem superior caso a qualidade dos recursos humanos fosse melhor.

Cursos técnicos

Há no Brasil numerosos cursos técnicos de nível secundário de boa qualidade e que poderiam ter um papel importante na formação de quadros para ciência e tecnologia, embora, atualmente, desempenhem muitas vezes apenas o papel de estágio preparatório para os vestibulares. A solução deste problema se configura em duas etapas:

- melhoria de qualidade dos cursos secundários públicos, tornando os cursos técnicos mais acessíveis a estudantes com vocação efetivamente técnica;

- o estabelecimento de uma distinção mais nítida entre os currículos dos cursos técnicos e os dos cursos secundários, diminuindo a atratividade dos cursos técnicos como via de acesso ao vestibular.

Contribui para o desprestígio dos cursos técnicos a supervalorização formal do diploma universitário no Brasil, mais aguda no serviço público, onde o acesso a cargos e funções está mais relacionado com a existência de um diploma superior do que com a competência profissional.

Pouco explorada, ainda, é a formação de tecnólogos de nível pós-secundário. Experiências malsucedidas como a dos "engenheiros de operação", formados em três anos de curso superior, foram substituídas por outras, positivas, como a da Fatec, em São Paulo. Espera-se da universidade pública uma contribuição importante na oferta de cursos desse tipo, maximizando o uso de suas instalações no período noturno.

Os cursos de graduação

Entre os instrumentos necessários à melhoria de qualidade dos cursos de graduação destaca-se uma sistemática de avaliação de cursos e de avaliação de alunos por professores de outras instituições. O resultado da avaliação seria incorporado seja ao currículo do aluno, seja ao histórico do curso, e seria uma maneira de eliminar o sistema de corrupção dupla em vigor no ensino superior brasileiro, que funciona da seguinte maneira: professores ministram cursos de qualidade duvidosa, mas não fazem grandes exigências sobre os alunos. Estes, por sua vez, trabalham pouco e mal, mas não fazem exigências sobre os professores. Como a única avaliação a que os alunos serão submetidos é aquela feita pelo próprio professor que ministrou a disciplina, tudo termina "bem".

Uma componente mais recente do sistema de corrupção dupla está ligada à sistemática implantada para a eleição dos dirigentes universitários, que torna essencial para o docente cultivar uma base eleitoral. É óbvio que um docente austero de uma disciplina árdua tem muito poucas chances eleitorais. Este problema

é resolvido por alguns professores, eliminando a austeridade ou as dificuldades da sua disciplina.

Já a avaliação de cursos de graduação, embora aproveitando a experiência da Capes, deverá seguir padrões bastante diferentes. Um de seus elementos poderia ser um exame de proficiência de alunos, de caráter nacional e prestado em base voluntária, na linha da iniciativa implantada pelo grupo técnico de química e engenharia química do PADCT, junto à Capes.

É fundamental, na graduação, dar uma ênfase à educação científica geral dos estudantes de todas as áreas, em função das deficiências do ensino secundário e da falta de disseminação de uma cultura científica no país, de forma a sensibilizar o aluno para a importância da atividade científica e tecnológica.

A maioria dos alunos do terceiro grau está matriculada na rede privada de ensino, grande parte deles em cursos ligados às áreas social e humana. A universidade privada não tem interesse nem conta com recursos para atividades regulares de pesquisa, com conseqüências diretas sobre o ensino geral de ciência, que é muito fraco. A mudança do perfil dos alunos, com maior participação dos que seguem profissões mais diretamente ligadas ao setor de C&T, depende de mudanças no setor produtivo, aumentando a demanda por engenheiros, físicos, químicos etc. para trabalharem em setores industriais tradicionais, ou por profissionais da área biológica, para atuarem em biotecnologia, por exemplo.

Cursos de pós-graduação

Os cursos de pós-graduação têm atraído uma clientela altamente heterogênea, composta de alunos brilhantes e fortemente vocacionados, ao lado de alunos fracos para quem a pós-graduação é simplesmente a única opção após a formatura. Muitos desses obtiveram o mestrado e, mesmo, o doutorado, transformando-se em um fator de mediocrização do sistema. A pós-graduação tornou-se, em muitos casos, um estágio de treinamento para o fracasso: a irresponsável e crônica inadimplência das agências de fomento, aliada à falta de planejamento, experiência ou mesmo responsabilidade de orientadores, à falta de acompanhamento adequado do desempenho dos alunos e orientadores e à falta de simples talento e competência de estudantes, criou um sistema no qual uma das grandes demandas atuais dos estudantes é pela "profissionalização" da pós-graduação, cuja conseqüência será a redução dos pós-graduandos brasileiros aos padrões medíocres da média dos docentes.

Algumas medidas são necessárias para que os cursos de pós-graduação se tornem qualitativamente melhores:

• aumento gradual dos níveis de exigência das avaliações da Capes;

• acompanhamento de destino dos pós-graduados;

• restrição das áreas teóricas e das áreas estritamente básicas a alunos de talento e promissores;

• acompanhamento detalhado do andamento do trabalho de cada estudante por um assessor externo e anônimo (nos moldes do que fazem algumas fundações estaduais, como a Fapesp);

• correção regular dos valores das bolsas, que não podem ser tão pequenas a ponto de causar indignidade, nem tão elevadas a ponto de tornarem-se uma opção profissional;

• eliminação da isonomia de bolsistas, reduzindo a defasagem do seu valor com os salários pagos pelo mercado, no caso de áreas do conhecimento em que o mercado tenha uma grande demanda;

• acompanhamento detalhado do desempenho dos orientadores, da respectiva produção científica e da dos seus estudantes;

• estabelecimento de uma sistemática de atribuição de cotas de bolsas que premie o bom desempenho dos cursos;

• melhores condições de trabalho e produtividade dos nossos grupos científicos, com o objetivo de tornar mais rápida e eficiente a formação científica dos alunos.

Cursos de extensão e educação continuada

Há uma grande necessidade de cursos de extensão e de educação continuada no país. Esta tem sido atendida pela imprensa e pelas empresas de rádio e televisão, por associações profissionais, centros e institutos de pesquisa, escolas técnicas e departamentos universitários. Entretanto, há certamente muito espaço para uma atuação adicional da comunidade científica e tecnológica. Estas atividades são provavelmente as que permitem o estabelecimento de vínculos mais imediatos entre pesquisadores e cidadãos. Elas contribuem para a qualificação e atualização profissionais, mas, também, para conferir maior sentido de relevância às preocupações dos cientistas.

Número de cientistas

O número de cientistas por milhão de habitantes, no Brasil, é 10 vezes inferior ao dos países industrializados. Entretanto, a relação entre o número de cientistas e o produto interno bruto por habitante é apenas metade da observada em países desenvolvidos. Por outro lado, comparando-se a relação dos gastos com

C&T no Brasil e nos EUA (US$2,5 bilhões *versus* 135 bilhões), verifica-se que cada um de nossos cientistas gasta cerca de quatro vezes menos do que um seu colega norte-americano. O Brasil tem um dispêndio extremamente baixo em C&T, apenas 0,7% do PIB, quando nos países industrializados os gastos com C&T são superiores a 2,5% do PIB. Além disso, no Brasil, a participação do setor privado em C&T é baixíssima — de apenas 8% — enquanto nos países industrializados chega, em alguns casos, a mais de 50%. O aumento do número de cientistas neste país depende, portanto, de um aumento substancial da participação do setor privado nos gastos em C&T nacionais e da ampliação da capacidade das universidades e institutos em absorver maior número de cientistas, oferecendo melhores condições de trabalho (salários, equipamentos, biotérios, bibliotecas, verbas das agências de fomento etc.).

Outro importante aspecto a ser considerado na expansão da base científica nacional é a estrutura e funcionamento do sistema educacional do país, que forma os recursos humanos canalizados para C&T. Além de uma elevada taxa de analfabetos (aproximadamente 20%), apenas metade da população de quatro a 24 anos freqüenta a escola. O Brasil tem apenas cerca de 1% da população matriculada na universidade, enquanto nos países industrializados essa proporção é de 3-5%. Mais de 60% desses alunos estão matriculados na rede privada, onde 70% dos cursos são nas áreas sociais e humanas, e as profissões diretamente ligadas à C&T (engenharia, física, química, computação etc.) estão sub-representadas.

O aumento do número de pesquisadores no país requer a formulação e implementação urgentes de políticas destinadas a:

- aumentar a eficiência de todo o nosso sistema educacional, permitindo o acesso de maior número de alunos à universidade;

- modificar o perfil dos alunos matriculados na universidade, reorientando maior proporção deles para as profissões ligadas à C&T;

- aumentar substancialmente a demanda por cientistas qualificados para o desenvolvimento de inovações tecnológicas no âmbito de uma indústria nacional competitiva em termos internacionais (nessa linha, cabe destaque à aprovação de lei de incentivos fiscais para a indústria aplicar em novas tecnologias, que é um importante estímulo para incrementar a associação universidade/indústria);

- recuperar, manter e expandir os núcleos de excelência responsáveis pela pesquisa básica e aplicada no país, através de um aumento substancial nas dotações orçamentárias federais e estaduais;

- recuperar a universidade pública como o local por excelência de formação da base científica nacional.

A estrutura departamental

Embora a atual sistemática de escolha de dirigentes universitários seja um processo democrático, ela está muito sujeita à influência de fatores não-acadêmicos. Torna-se necessário libertar as comunidades acadêmicas de restrições de ordem político-partidária e de injunções corporativas.

As diretrizes e a liberdade de pesquisa

As tentativas no sentido de se definir as grandes linhas, objetivos e prioridades para a pesquisa civil geralmente têm esbarrado em uma crítica acerba e maniqueísta de parte da comunidade científica. Por sua vez, a insuficiência crônica do fomento governamental nos últimos 15 anos e suspeitas quanto às intenções reais das políticas de C&T contribuíram para transformar um debate político de alto nível em uma discussão passional em que ações complementares eram tratadas como antagônicas, como ocorreu no debate FNDCT *versus* PADCT, o que, aparentemente, concorreu para o enfraquecimento de ambos.

A maioria dos departamentos e das universidades brasileiras não tem planos diretores, nem metas, nem planos estratégicos, nem procura definições claras de uma vocação ou de um papel. Nisto, apenas repetem instituições públicas e governos de todos os níveis. Portanto, seria descabido esperar que a ciência e a tecnologia brasileiras tivessem algum grau de definição programática ou de diretrizes. Em geral, o planejamento a médio e longo prazos é feito apenas por indivíduos e se refere a sua esfera de ação imediata.

Em um quadro de escassez crônica de recursos para pesquisa científica e de existência de um número expressivo de doutores em várias áreas do conhecimento e de uma infra-estrutura de pesquisa considerável, é necessário definir a dimensão das atividades estritamente científicas e dos recursos a elas alocados, bem como a das atividades organizadas em programas e seus objetivos.

Programas de pesquisa

Existe um consenso em torno da necessidade de um sistema que defina e acompanhe o desempenho das grandes políticas de desenvolvimento em cada uma das grandes áreas de C&T, como forma de otimizar recursos. Essa função caberia ao Conselho de Ciência e Tecnologia e suas câmaras setoriais, compostos por representações do governo, das comunidades científica e tecnológica, da classe empresarial e de trabalhadores. Dele deverão emanar as recomendações quanto aos projetos prioritários e de maior retorno sócio-econômico, contemplando de forma integrada as ações em pesquisa básica, pesquisa aplicada e desenvolvimento, e com a participação das empresas, universidades e governo.

Seguem-se alguns programas que deveriam receber tratamento prioritário.

Ciência e engenharia dos materiais

No final dos anos 80, foi criado, no âmbito do PADCT II, o Subprograma de Novos Materiais. O desenvolvimento de novos materiais é imprescindível para tornar competitivas as indústrias de bens de consumo duráveis, de meios de transporte e de alimentos.

Esta área registra um dos mais bem-sucedidos programas de P&D do país: o das fibras óticas, que contou com uma parceria entre uma universidade e um centro de pesquisa pertencente a uma empresa — o CPqD, da Telebrás — e resultou em um produto industrial. A transferência de tecnologia para a empresa industrial foi feita com transparência e lisura e, atualmente, prossegue a pesquisa básica e aplicada, em universidades e no CPqD.

O caso da construção civil também merece atenção especial: embora exista uma grande demanda por habitações no Brasil, predominam, mesmo em áreas desenvolvidas do país, materiais e métodos construtivos caros, arcaicos e que geram produtos de má qualidade. É certo que há pesquisa realizada por engenheiros civis, quanto à adaptação de novas tecnologias de construção, baseadas em materiais de introdução recente, e criadas em outros países, como também há importante pesquisa sobre tecnologias de uso de madeira em construção, por exemplo. Entretanto, juntos, o pesquisador-engenheiro civil, o pesquisador de materiais e o pesquisador de processos de transformação podem trabalhar na busca da conciliação entre o possível, o desejável e o economicamente viável.

Um exemplo de como o trabalho interdisciplinar pode ter resultados positivos é o do Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo, que desenvolveu uma técnica de preparo de solo para construção de estradas cujo objetivo é minimizar o uso de brita e mão-de-obra. Essa técnica é efetiva em solos que tenham uma dada composição mineral; a adição de cal provoca a ocorrência de algumas reações químicas, que transformam o próprio solo em uma base para a pavimentação. Este resultado foi gerado a partir de trabalho de engenheiros civis, geólogos e químicos, e sua importância não pode ser minimizada em um país de péssimas estradas e dimensões continentais.

Programa de estudo e manejo do meio ambiente

Trata-se de um programa de caráter necessariamente interdisciplinar e que se impõe pelas peculiaridades geográficas e climáticas do Brasil. Tem um espectro bastante amplo e cobre desde problemas relacionados com a disposição de lixo urbano em grandes cidades até a coleta e tratamento de esgotos. Cubatão é um exemplo de como é possível melhorar o ambiente sem inviabilizar atividades econômicas e empregos. Entretanto, há muito mais a fazer, no sentido de viabilizar atividades industriais e de mineração, protegendo o ambiente. Um programa desse porte requer a participação de cientistas de várias áreas, desde engenheiros

e especialistas em sistemas, passando por químicos e microbiologistas, até arquitetos e cientistas sociais.

Programa de tecnologia industrial

No momento, há uma grande concentração de esforços e de recursos em alguns aspectos de tecnologia industrial básica, particularmente aqueles ligados a qualidade.

Entretanto, não há no país experiências bem-sucedidas de programas multidisciplinares e multiinstitucionais de fomento ao desenvolvimento de tecnologia industrial. Até o início da década de 80, a Secretaria da Tecnologia Industrial, então vinculada ao Ministério da Indústria e Comércio, teve uma atuação positiva, com a criação de formatos de projetos de fomento que, no entanto, se perderam com a sua extinção, durante o governo Sarney. A tecnologia industrial básica (normatização e qualidade), por sua vez, tem sido tratada no âmbito do PADCT e de programas paralelos do MCT.

Responsável pelo financiamento da P&D em empresas, a Finep teve, até o início dos anos 90, uma atuação limitada, praticando, na perspectiva de empresários competentes, regras impróprias à sua vocação e semelhantes às dos bancos comerciais, acrescidas de um complicador: a burocratização excessiva. A criação de formatos de contrato de risco tem sido reivindicada com freqüência.

Formas de interação entre a comunidade científica, os centros de P&D e as empresas

Atualmente, coexistem várias formas de interação de pesquisadores com profissionais de empresas, trazendo benefícios importantes e riscos que não podem ser minimizados.

Consultoria

A consultoria é uma forma simples e muito efetiva de interação dos meios acadêmico e empresarial. No Brasil, sua prática esbarrou em limitações impostas a docentes de tempo integral ou de regime de dedicação integral. Sua regulamentação nas universidades estaduais paulistas só se completou no fim da década de 80 e agora já pode ser praticada dentro de um conjunto de regras que protegem o pesquisador, seu departamento e a própria empresa. A consultoria é um instrumento muito poderoso de melhoria da qualidade da própria produção científica, porque dá a essa produção o papel de um lastro de credibilidade para serviços que o pesquisador (e a universidade) passam a oferecer ao mercado. A prática da consultoria também contribui para resolver um importante problema: o da relevância da pesquisa. Tem sido freqüente a procura, por profissionais de empresas, de docentes trabalhando em linhas de pesquisa básica, mas relevantes para o desenvolvimento de algum pro-

duto da empresa, o que tem contribuído para o aprimoramento da própria pesquisa e para estreitar o dialogo universidade/empresa.

Uma idéia errônea e muito difundida é que a consultoria seja uma via de mão única, em que o pesquisador se exaure para contribuir para a empresa. Na realidade, muitos pesquisadores já tiveram a oportunidade de, durante um trabalho de consultoria, perceberem algum problema básico, cuja solução não estava na literatura e que podia, portanto, gerar pesquisa fundamental de boa qualidade. Por sua vez, profissionais de empresas freqüentemente detêm conhecimentos que são transmitidos ao consultor e podem ser usados em aulas ou em sua pesquisa.

Projetos conjuntos

No Brasil destacam-se alguns poucos casos bem-sucedidos, como os projetos de fibras ópticas e de tecnologia de exploração de petróleo em águas profundas. Projetos conjuntos requerem um grau de mobilização que conflita com a compartimentalização, pulverização e falta de avaliação científica das atividades na maioria dos departamentos universitários no Brasil. A recente ênfase das agências em projetos de maior porte (projetos integrados do CNPq e projetos temáticos da Fapesp) pode ter um subproduto importante: criar nas universidades equipes capazes de participarem de projetos conjuntos ambiciosos com empresas.

Formação de recursos humanos

Um mecanismo absolutamente natural de interação das universidades com os centros de pesquisa e empresas é o fluxo de graduados, pós-graduados e mesmo de docentes que decidem mudar de carreira. Este mecanismo tem sido muito negligenciado, por todas as partes envolvidas. De um lado, a empresa brasileira tem um grande envolvimento com o ensino técnico (através do Senai) e, episodicamente, com o ensino superior (por exemplo, na criação da Escola de Engenharia Mauá, em São Paulo). Não há ainda mecanismos definidos e bem-estabelecidos de diálogo entre a universidade e as empresas, apesar de esforços recentes e promissores como os da Fundação Uniemp, atingindo vários estados. Nos anos 90, têm surgido experiências interessantes nesse sentido:

- a criação ou crescimento de entidades vigorosas que reúnem em um foro único e em condições de igualdade profissionais de empresa e pesquisadores, como é o caso da Associação Brasileira de Cerâmica e da Associação Brasileira de Polímeros;

- o trabalho de profissionais de empresa junto a grupos universitários, preparando e testando material didático inovador, cuja adoção deverá contribuir para um ensino mais crítico, de melhor qualidade e mais relevante, como o programa desenvolvido na USP, com a cooperação da Universidade de York.

A pesquisa interdisciplinar

A compartimentalização da pesquisa é um dado dominante no Brasil e não é de se estranhar que as equipes e os projetos interdisciplinares fortes sejam a exceção mais do que a regra, no quadro da pesquisa científica e tecnológica.

No passado houve experiências importantes induzidas por financiamentos generosos, como o projeto Energia, na Unicamp, que reuniu pesquisadores de várias disciplinas, principalmente engenheiros e físicos; um projeto sobre baterias, na UFCe, reunindo engenheiros e químicos, e outros que, em função de um certo artificialismo na constituição das equipes, resultaram no desmantelamento de muitas de suas atividades tão logo se esgotou o financiamento indutor. A produção científica ou tecnológica resultante também não teve relevância maior.

Atualmente, existem algumas exceções importantes e uma crescente prática de colaboração científica entre pessoas de diferentes áreas, perseguindo objetivos comuns.

Também é essencial a colaboração entre as áreas básicas e as de saúde, agrárias e biológicas. O conhecimento eventualmente gerado em áreas mais básicas de ciências da matéria pode ser útil em medicina e no *agribusiness*, seja em diagnóstico (*kits* de análise clínica e tomografias), em terapia (fármacos, fontes de radiação, biomateriais e sistemas de liberação controlada), na produção de alimentos (pesticidas, membranas para separação química, fontes de radiação e fertilizantes) e de energia. Não custa mencionar que o mais abundante produto industrial obtido de organismos vivos, a celulose, tem apenas algumas (ainda que importantíssimas) aplicações. Há grandes perspectivas no uso de celulose como fonte de combustíveis líquidos e de materiais. No primeiro caso, esbarra-se na resistência da celulose à hidrólise, que a impede de transformar-se em uma fonte imensa de glicose e álcool; no segundo caso, o próprio uso de madeira ainda é grandemente predatório, neste país, e não há exemplos de busca de produtos de celulose mais nobres que o papel.

Uma estratégia possível para a solução desse problema é o estímulo às atividades dos grupos interdisciplinares que se formaram espontaneamente e alcançaram bons resultados científicos; essa estratégia pode ser implementada através de projetos temáticos, como os da Fapesp, ou através de projetos integrados como os do CNPq e da Fapergs, ou, ainda, de projetos como os do Subprograma de Ciências Ambientais do PADCT. É importante, contudo, que prevaleça o apoio a grupos interdisciplinares formados espontânea e organicamente, trabalhando de acordo com padrões de qualidade elevados, evitando-se o apoio a equipes constituídas de maneira artificial, como ocorreu no passado.

Referências bibliográficas

Brisolla, Sandra. *Indicadores quantitativos de ciência e tecnologia no Brasil.* São Paulo, Núcleo de Política Científica e Tecnológica da Universidade Estadual de Campinas, 1993.

Schott, T. *Performance, specialization and international integration of science in Brazil: changes and comparisons with other Latin American countries and Israel.* Pittsburgh, University of Pittsburg, 1993.